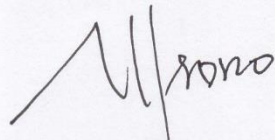
***BAUSUKU PAWITRA GAYUH*: MODEL DIVERSIFIKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MAGNET SEBAGAI STRATEGI PEMERATAAN ENERGI BERSIH DAN TERJANGKAU**

KARYA TULIS ILMIAH MAHASISWA BERPRESTASI NASIONAL
PROGRAM DIPLOMA

Disusun oleh:
Yusuf Mahesa
160512509408

UNIVERSITAS NEGERI MALANG
MALANG
2018

LEMBAR PENGESAHAN KARYA TULIS ILMIAH
PEMILIHAN MAHASISWA BERPRESTASI
PROGRAM DIPLOMA

1. Judul : *BAUSUKU PAWITRA GAYUH*: Model Diversifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Magnet sebagai Strategi Pemerataan Energi Bersih dan Terjangkau
2. Penulis
    a. Nama lengkap : Yusuf Mahesa
    b. NIM : 160512509408
    c. Jurusan : Pendidikan Vokasi
    d. Universitas/Institut : Universitas Negeri Malang
    e. Alamat Rumah : Dsn. Ngrawan, RT.01 RW.02, Ds.Rejosari, Kec. Wonodadi, Kab. Blitar, Jawa Timur
    f. Alamat Email : yusufmahesa@gmail.com
3. Dosen Pembimbing
    a. Nama lengkap dan gelar : Marsono, S.Pd.T., M.Pd., Ph.D
    b. NIDN : 0027108206
    c. No. Telp : 08562934780

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Marsono, S.Pd.T., M.Pd., Ph.D
NIDN. 0027108206

Malang, 18 April 2018
Penulis

Yusuf Mahesa
NIM. 160512509408

Mengetahui,
Wakil Rektor III

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Dr. H. Syamsul Hadi, M.Pd., M.Ed
NIP. 19610822 198703 1 001

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Yusuf Mahesa
Tempat, Tanggal Lahir	: Blitar, 3 Mei 1997
Program Studi	: D3 Teknik Mesin
Fakultas	: Teknik
Perguruan tinggi	: Universitas Negeri Malang

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis dengan judul: "*BAUSUKU PAWITRA GAYUH*: Model Diversifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Magnet sebagai Strategi Pemerataan Energi Bersih dan Terjangkau" adalah benar-benar hasil karya sendiri dan bukan merupakan plagiat atau saduran dari karya tulis orang lain serta belum pernah menjuarai di kompetisi serupa. Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh panitia penyelenggara PILMAPRES PROGRAM DIPLOMA 2018 berupa diskualifikasi dari kompetisi. Demikian surat ini dibuat dengan sebenar-benarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 18 April 2018

Penulis

METERAI TEMPEL

E88C5ADF823285754

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Yusuf Mahesa

NIM. 160512509408

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulisan karya ilmiah ini yang diajukan sebagai salah satu peserta “PILMAPRES (Pemilihan Mahasiswa Berprestasi) PROGRAM DIPLOMA” Tahun 2018 dengan judul “*BAUSUKU PAWITRA GAYUH*: Model Diversifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Magnet sebagai Strategi Pemerataan Energi Bersih dan Terjangkau”.

Penulisan karya ilmiah ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Marsono, S.Pd.T, M.Pd., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan karya ilmiah ini.
2. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan dorongan berupa semangat maupun materil demi terselesaikannya karya ilmiah ini.
3. Teman-teman UKM Penulis UM serta pihak-pihak lain yang telah membantu dalam penyusunan karya ilmiah ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Dengan diiringi doa dan ucapan terima kasih, penulis telah berusaha menyusun karya ilmiah ini dengan sebaik–baiknya, namun dengan penuh kesadaran penulis mengakui masih ada kekurangan yang tidak disengaja. Besar harapan penulis untuk saran dan masukan yang bersifat membangun demi sempurnanya karya ilmiah ini sehingga bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Malang, 18 April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR

Halaman

DAFTAR TABEL

Halaman

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan konsumen energi terbesar di Asia Tenggara yaitu 36 % dari kebutuhan energi kawasan dan menggunakan energi hampir sebesar gabungan Thailand, Malaysia dan Singapura (IEA, 2017a). Perlu diketahui bahwa 95% energi yang dikonsumsi adalah bahan bakar fosil. Ketergantungan Indonesia terhadap energi fosil perlu segera diakhiri, mengingat cadangan minyak bumi Indonesia < 9 miliar barel dan hanya cukup untuk 2 dekade ke depan jika laju produksi rata-rata 500 juta barel/tahun. Hal ini menjadi tantangan besar bagi Indonesia, terutama pemerintah dalam kebijakan, tata kelola, dan upaya untuk melakukan diversifikasi khususnya energi terbarukan (Kusumastanto, 2014).

Menghadapi keterbatasan sumber energi berupa minyak, menghemat energi merupakan langkah cerdas menurut beberapa orang. Namun, pelaksanaan kebijakan efisiensi energi yang diterapkan secara efektif diperkirakan hanya dapat mengurangi 2% penggunaan energi di tahun 2025 (IEA, 2017a). Di sisi lain, tidak dapat pula dipungkiri bahwa konsumsi energi tetap harus ditingkatkan seiring dengan upaya mewujudkan kemakmuran bangsa dengan ketersediaan energi yang mumpuni. Inilah tantangannya bahwa pertumbuhan ekonomi Indonesia yang kuat diperkirakan akan terus berlangsung sehingga meningkatkan konsumsi listrik mencapai 491 *terawatt hours* (TWh) di tahun 2030.

Salah satu sektor yang mendesak untuk segera ditingkatkan adalah rasio elektrifikasi di Indonesia. Statistik menunjukkan hingga tahun 2017 hanya 92,8 % penduduk Indonesia yang mendapatkan suplai aliran listrik (DJK, 2017). Data di atas berbanding lurus dengan statistik *International Energy Agency* bahwa sekitar 23 juta orang atau 8.9% populasi di Indonesia belum berlistrik terutama yang tinggal di pulau-pulau kecil dan daerah-daerah terpencil (IEA, 2016b). Fakta ini menyiratkan bahwa Indonesia perlu melakukan upaya diversifikasi pembangkit tenaga listrik dengan memprioritaskan pemanfaatan energi baru terbarukan secara optimal. Melihat potensi EBT Indonesia berlimpah, pengembangan energi alternatif

ini perlu ditempuh dengan cara mensubtitusi energi fosil secara bijak, sehingga tidak bersifat kontra produktif antara kepentingan pemenuhan kebutuhan energi dan kepentingan lainnya, seperti kelestarian lingkungan.

Berdasarkan permasalahan di atas, dirancanglah *Bausuku Pawitra Gayuh* (BPG) sebagai model diversifikasi pembangkit Listrik Tenaga magnet.. Perintisan BPG sebagai sumber energi listrik didasarkan pada beberapa pertimbangan meliputi aspek teknis, ekonomi, dan keselamatan lingkungan hidup. Sehingga dalam operasionalnya, BPG dapat dijadikan sebagai solusi energi alternatif dalam mengatasi krisis pemerataan energi bersih dan terjangkau di Indonesia sesuai konsep Sustainable Development Goals (SDGs).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, berikut rumusan masalah yang akan dibahas.

1. Bagaimana pengujian kekuatan magnetik dorongan magnet ($Nd_2Fe_{14}B$)?
2. Bagaimana perhitungan momen puntir pada generator 3 HP?
3. Bagaimana prediksi operasional Bausuku Pawitra Gayuh?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, berikut adalah tujuan yang akan dicapai.

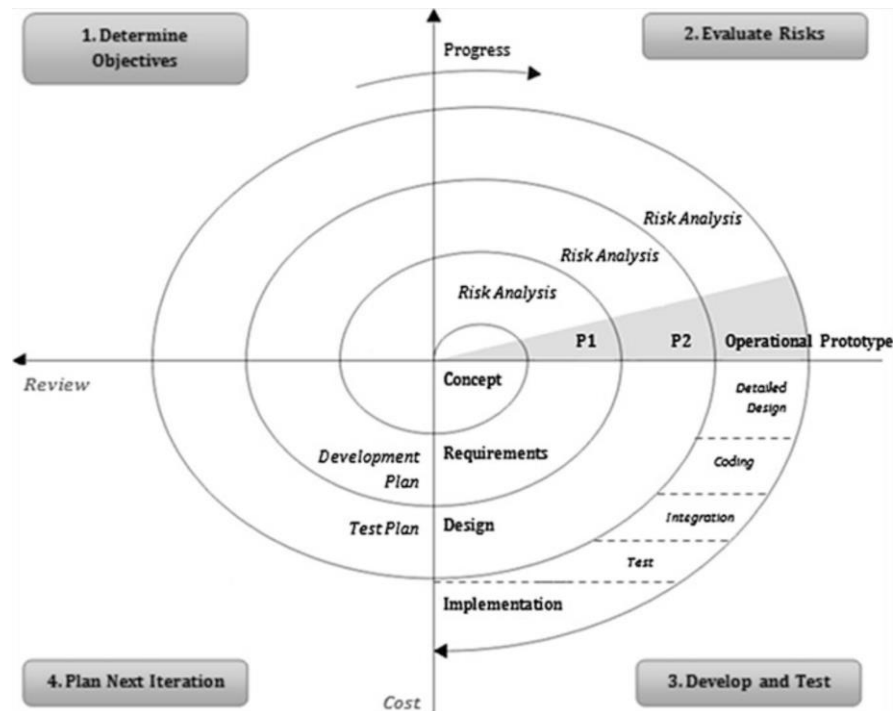
1. Menjelaskan pengujian kekuatan magnetik dorongan magnet ($Nd_2Fe_{14}B$)?
2. Menjelaskan perhitungan momen puntir pada generator 3 HP?
3. Menjelaskan prediksi operasional Bausuku Pawitra Gayuh?.

1.4 Manfaat

Berikut beberapa manfaat dari implementasi *Bausuku Pawitra Gayuh*.

1. Bagi Masyarakat alat ini dapat menjadi solusi penyedia energi listrik untuk penerangan khususnya di daertah Papua dan NTT.
2. Bagi Mahasiswa implementasi alat ini dapat menjadi sebuah langkah awal untuk meningkatkan kepekaan dan kepedulian terhadap sesama sekaligus usaha dalam membangun kehidupan masyarakat yang lebih baik.
3. Bagi pemerintah alat ini dapat memberikan solusi untuk pemerataan energi listrik sekaligus meningkatkan rasio elektrifikasi di Papua dan NTT.
4. Bagi perkembanagn IPTEK dapat menambah khazanah keilmuan dalam bidang sejenis.

1.5 Metode Pengembangan Produk

Perancangan BPG dilaksanakan secara terstruktur dan sistematis dengan mengacu pada konsep *spiral development model*, berikut ilustrasinya.

Gambar 1. Model pengembangan produk metode spiral (sumber: Boehm, 1988)

Model ini didasarkan pada 4 kuadran pelaksanaan yaitu menentukan objek, evaluasi risiko, tes dan pengembangan, serta proses rencana pemasalahan. Proses dimulai dengan mengkonsep BPG berdasarkan aspek permasalahan dan *roadmap* perkembangan alat sejenis untuk keperluan produksi energi listrik. Dilanjutkan dengan *requirements* untuk merencanakan kebutuhan mulai dari alat dan bahan hingga gambaran konsep alat. Proses berlanjut pada *development plan* yakni membuat diagram kerja alat, merumuskan perhitungan struktur dan mekanik alat, hingga kinerja alat dalam menghasilkan energi listrik. Proses selanjutnya yakni analisis risiko pertama, kemudian dilanjutkan ke proses *design* untuk membuat alat menggunakan *software* Autodesk Inventor. Proses berlanjut pada tahapan *test plan* dengan menggunakan perangkat ansys untuk memastikan kinerja alat secara komputasi. Selanjutnya melewati tahap evaluasi risiko dua dan tiga, kemudian dilanjutkan ke proses *detailed design*, *coding*, *integration* dan tes terakhir sebelum masuk ke kuadran terkahir untuk implementasi massal.

BAB II
TELAAH PUSTAKA

2.1 Kajian Problematika Pemerataan Energi Listrik di Indonesia

Statistik menunjukkan hingga tahun 2017 hanya 92,8% penduduk Indonesia yang mendapatkan suplai aliran listrik (DJK, 2017). Selaras dengan DJK, statistik IEA menyatakan bahwa sekitar 23 juta orang atau 8.9% populasi, belum berlistrik terutama yang tinggal di pulau-pulau kecil dan daerah-daerah terpencil (IEA, 2016b). Berikut citra satelit malam NASA yang secara visual menunjukkan belum ratanya penyebaran energi listrik di Indonesia.

Gambar 2. Citra satelit malam hari di Indonesia (sumber: internasional.kompas.com)

Citra ini menunjukkan bahwa pulau Jawa lebih gemerlap dibandingkan dengan kota atau pulau-pulau lainnya. Dengan interpretasi bahwa setiap orang berhak untuk memperoleh energi dan merupakan kewajiban pemerintah untuk melakukan pengelolaan sehingga ketersediaan energi dapat terjamin. Sungguh kondisi ini menjadi bukti bahwa yang demikian sangat bertolak belakang dengan cita-cita *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin nomor 7.

Strategi penyelesaian yang masif digencarkan adalah implementasi Instruksi Menteri Pertambangan dan Energi Nomor: 114-12/39/600.2/2002. Isinya secara tegas mengistruksikan kepada seluruh jajaran PT. PLN (Persero) untuk melaksanakan langkah-langkah peningkatan efisiensi, mutu pelayanan dan keandalan penyediaan tenaga listrik. Pemerintah Indonesia juga menggagas konsep diversifikasi dan konservasi energi lebih dini guna memperlambat Indonesia menjadi net importir energi. Indonesia sudah mempunyai RUEN (yang

tertuang dalam Perpres 22/2017) dan UU 30/2007. UU inilah yang mendasari munculnya konsep kecenderungan intensitas dan kebutuhan energi masa depan dibebankan pada pembangkit listrik batubara, dengan dominasi suplai baurannya mencapai 50 %, diikuti oleh gas (24%) dan energi baru terbarukan (20%) (IEA, 2016b). Dalam skenario lain, PLTU batubara akan meningkat sebesar 59%, yaitu dari 182,7 GW (skenario dasar) menjadi 289,7 GW (skenario tinggi).

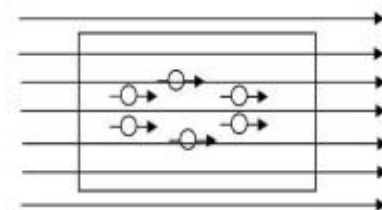
Skenario ini rupanya memunculkan kekhawatiran bahwa ketergantungan Indonesia terhadap batubara yang masih sangat besar patut mendapat perhatian. Hal ini dimaksudkan agar penggunaan batubara diseimbangkan, karena selama kurun waktu 4 tahun terakhir penggunaan batubara mengalami peningkatan. Sedangkan cadangan batubara mengalami penurunan akibat produksi batubara untuk pemenuhan konsumsi domestik dan komoditas ekspor. Menurut data resmi Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi diperkirakan dengan produksi saat ini, cadangan batubara akan habis dalam waktu 70 tahun jika tidak ditemukan cadangan baru.

Oleh karena itu, Dewan Energi Nasional (DEN) segera meresponnya melalui skema PP 79/2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang mengharapkan pada tahun 2020 sejumlah 5 % kebutuhan listrik nasional disuplai dari sumber energi baru dan terbarukan.

Problem pengembangan listrik pedesaan baik dari biomassa maupun tenaga air skala kecil adalah kurang berkembang karena terbatasnya kredit berbunga rendah untuk program tersebut (kurangnya keberpihakan pemerintah). LPG (*Liquifed Petroleum Gas*) dan CNG (*Compessed Natural Gas*) serta ethanol (biomas) juga tidak berkembang secara signifikan. Berdasarkan hal inilah diperlukan model diversifikasi pembangkit yang tidak memiliki ketergantungan dengan sumber energi lain.

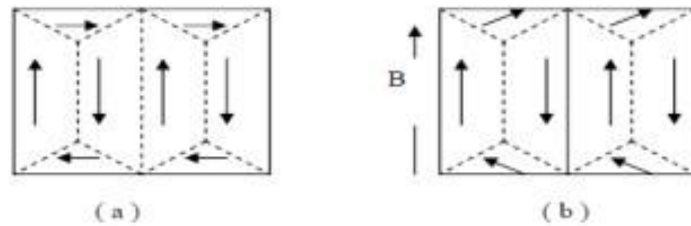
2.2 Potensi Pemanfaatan Transmisi Magnet sebagai Penggerak Generator

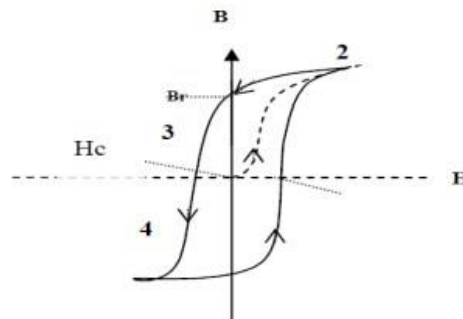
Magnet yang digunakan dalam rancangan *Bausuku Pawitra Gayuh* adalah magnet berjenis anisoropi. Magnet ini memiliki remanensi magnet yang tinggi sehingga memiliki medan yang cukup kuat (Handoko & Manaf, 2007). Salah satu contoh magnet anisoropi adalah *Neodymium Iron Boron* ($Nd_2Fe_{14}B$). Besarnya

medan magnet berpengaruh pada nilai magnetisasi material magnetik. Magnetisasi mencapai nilai maksimum jika momen magnetik atom seluruhnya sudah sejajar. Nilai maksimum ini disebut magnetisasi jenuh (*Ms*) (Omar, 1975). Berikut gambar arah partikel magnet anisoropi yang mengarah pada satu arah tertentu.

Gambar 3. Arah partikel pada magnet anisoropi (Ginting *et al.*, 2006)

Jika magnet diberi medan magnet luar, maka elektron-elektron dalam atom akan mengubah gerakannya sedemikian rupa sehingga menghasilkan resultan medan magnet atomis yang arahnya berlawanan dengan medan magnet luar tersebut (Halliday & Resnick, 1989). Kondisi yang demikian sangat berpotensi untuk memanfaatkannya dengan merekayasa sedemikian rupa untuk mendapatkan gaya rotasi orbital yang abadi. Potensi inilah yang akan dioptimalkan dalam penerapan BPG untuk memutar poros generator secara orbital guna menghasilkan aliran listrik.

Potensi di atas juga akan didukung dengan klasifikasi magnet yang ferromagnetik. Ferromagnetik adalah fenomena magnetisasi spontan tanpa adanya medan magnetik pengimbas. Material ferromagnetik mempunyai momen dipol magnet yang sangat kuat yang berasal dari *spin* elektron. Pada logam ferromagnetik terjadi pengarahan *spin* elektron secara spontan karena adanya interaksi yang kuat meski tidak diterapkan medan luar (Drak, 2008). Tanpa adanya medan luar orientasi domain adalah acak sehingga secara makroskopik jumlah magnetisasinya nol.

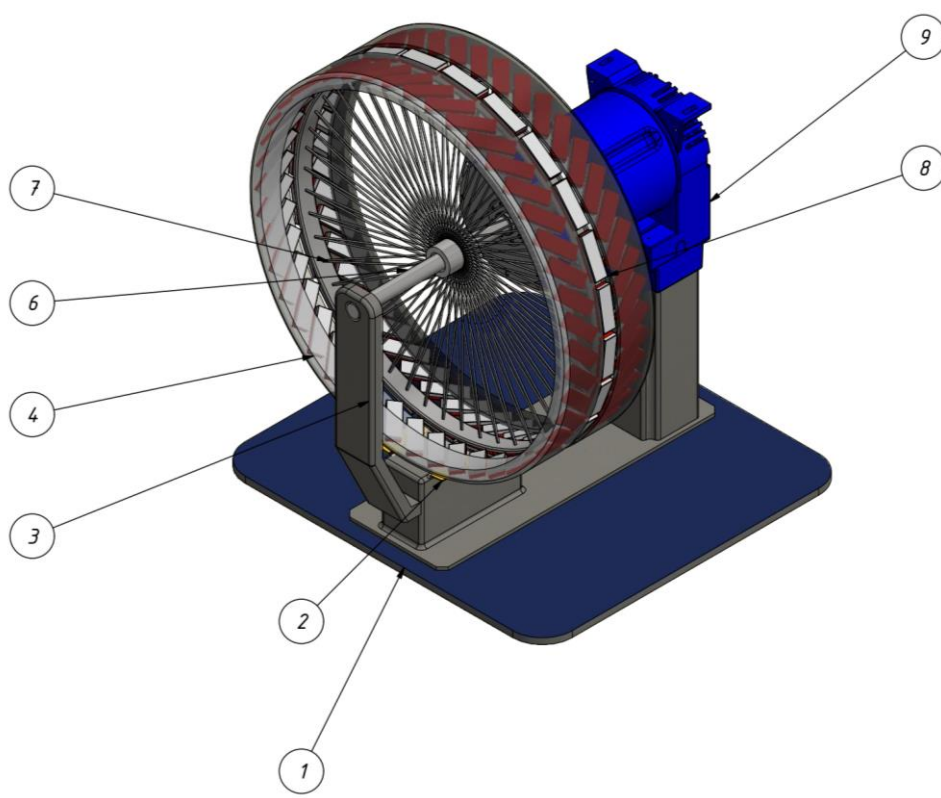
Domain adalah daerah dengan momen dipol magnet yang sama. Penerapan medan magnetik membuat domain dengan orientasi yang diutamakan tumbuh dengan mendesak domain yang lain oleh migrasi batas domain sehingga seluruh *specimen* mengalami magnetisasi (Smallman, 2000). Struktur domain dalam material ferromagnetik dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4. Struktur domain dalam material ferromagnetik (Christman, 1988)

Bahan ini mempunyai sifat remanensi, artinya bahwa setelah medan magnet luar dihilangkan, akan tetap memiliki medan magnet, karena itu bahan ini sangat baik sebagai sumber magnet permanen. Ketika medan magnet diterapkan pada material ferromagnetik maka batas domain bergerak sehingga menyebabkan domain yang mempunyai magnetik acak searah dengan medan menjadi lebih besar dan domain yang berlawanan arah menjadi lebih kecil (Christman, 1988). Hubungan antara magnetisasi M induksi magnetik B dan besar medan magnetik H adalah $B = \mu\ (H+M\ )$. Persamaan di samping dapat ditunjukkan pada gambar berikut. Nilai H dan B positif menggambarkan arah medan searah, sedangkan nilai negatif menunjukkan medan berlawanan arah.

Gambar 5. Kurva histerisis (Christman, 1988)

Pada kondisi awal magnetisasi adalah nol. Saat medan dinaikkan pada arah positif$B$ bergerak dari 0→1→2, sedangkan ketika medan turun B akan bergerak dari 2→3→ 4. Hc adalah medan koersif yaitu gaya koersif yang harus diterapkan pada arah berlawanan untuk membawa B menjadi nol dan Br adalah magnetisasi residual yaitu nilai B saat H nol.

BAB III
DESKRIPSI PRODUK

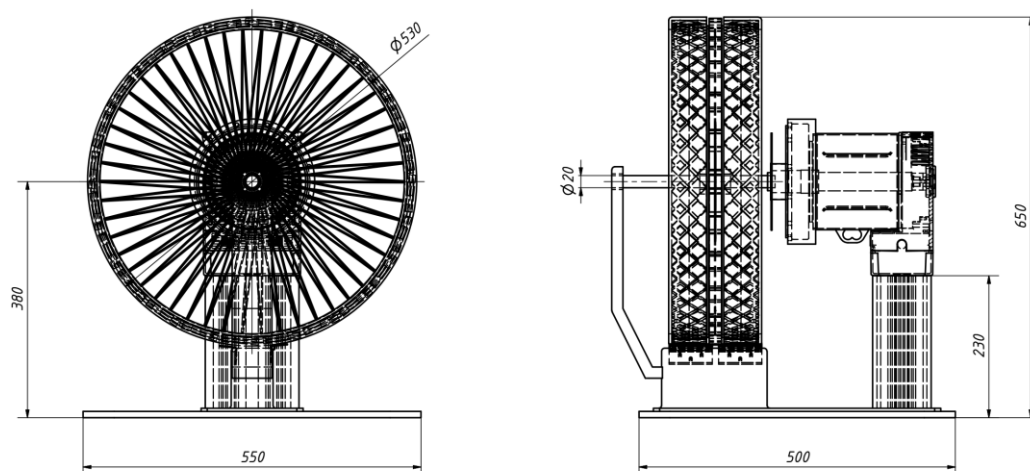
3.1 Komponen dan Spesifikasi Bausuku Pawitra Gayuh

Bausuku Pawitra Gayuh merupakan inovasi alat otomatisasi produksi energi listrik berbasis pemanfaatan potensi transmisi abadi gaya magnet sebagai strategi mewujudkan kesejahteraan energi bersih dan terjangkau di daerah tertinggal. Berdasarkan kajian kemagnetan yang dibahas di bab sebelumnya, didapati bahwa magnet memiliki sifat saling tolak menolak pada kutub yang sejenis. Potensi yang demikian inilah yang dimanfaatkan utuk menggerakkan generator dengan cara menyambung magnet dengan poros rotor generator. Berikut ilustrasi dari BPG.

Gambar 6. Ilustrasi penuh BPG dan notasi komponennya

Pada dasarnya, rancangan BPG terdiri dari 4 komponen utama, yaitu pada notasi 4 dan 8 yang merupakan magnet *Neodymium Iron Boron* ($Nd_2Fe_{14}B$). Susunan atom-atom $Nd_2Fe_{14}B$ berbentuk struktur ferromagnetik tetragonal Adi, 2015. $Nd_2Fe_{14}B$ merupakan bahan magnet permanen yang memiliki medan

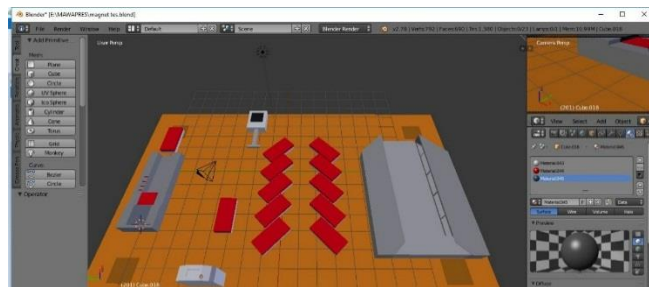
anisotropi yang sangat tinggi magnetokristallin uniaksial (HA ~ 7 teslas). Senyawa ini memberikan potensi untuk memiliki koersivitas tinggi (yaitu, perlawanan menjadi *demagnetized*). Senyawa ini juga memiliki magnetisasi saturasi tinggi (JS ~ 1,6 T atau 16 kg) Idayanti *et al.*, 2007.

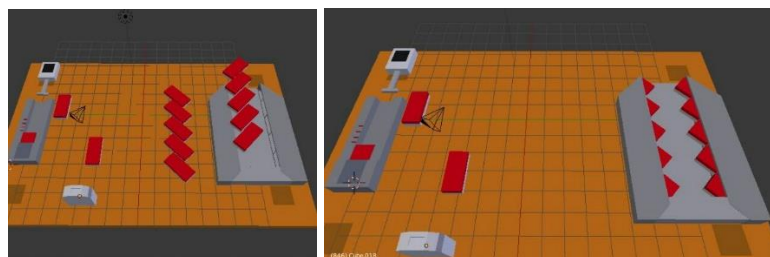
Komponen selanjutnya yaitu Paduan Aluminium A356.2. Anzip A. (2006), melakukan penelitian tentang paduan ini dengan varian menaikan kandungan unsur Mn yang semula 0.05 %w dinaikkan menjadi; 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 dan 1.6 %w. Dari pengujian diperoleh hasil Mn sebesar 1,2%w pada kondisi ini mempunyai nilai *Ultimate Tensile Stength* 31.58 kg/mm2, *elongation* 7.54%, kekerasan 90.74 HVN dan kekuatan impak 5.88 J/cm2, serta kuat menahan beban hingga 500 pon, beban 3 kg dan telah memenuhi standar JIS H 5202. Komponen nomor 7 dan 6 merupakan poros yang berfungsi sebagai transmisi yang berputar.

Komponen notasi nomor 2 dan 3 yaitu engsel yang berfungsi untuk *switch on* dan *switch off* alat. Komponen inilah yang menjadi perantara pemutar poros generator dengan memanfaatkan desainnya yang orbital untuk memanfaatkan gaya dorong magnet. Komponen dengan notasi nomor 9 yaitu generator 3 HP, yang berfungsi sebagai alternator yang mengkonversi tenaga mekanik putar menjadi energi listrik sesuai dengan perhitungan dan pengujian yang dilakukan, magnet BPG dengan spesifikasi dan ukuran pada gambar berikut dapat berputar secara maksimal pada generator 3 HP.

Gambar 7. Spesifikasi BPG

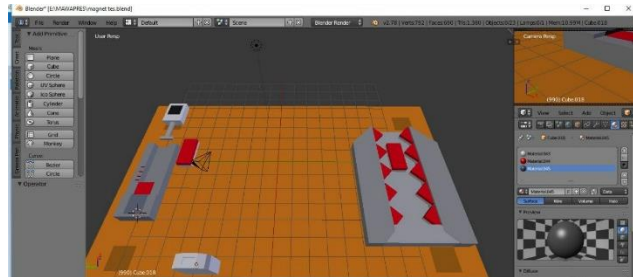
BAB IV
PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Kekuatan Magnetik *Neodymium Iron Boron* ($Nd_2Fe_{14}B$)

Tahapan awal untuk implementasi alat sesuai dengan model spiral yang telah dibahas sebelumnya adalah pengujian. Pengujian pertama dilakukan dengan mengamati kekuatan magnetik *Neodymium Iron Boron* ($Nd_2Fe_{14}B$) untuk dimanfaatkan potensi gaya tolak menolaknya. Pengujian ini dilakukan dengan metode konvensional seperti ilustrasi berikut.

Gambar 8. Prosedur pembuatan rangkaian magnet

Prosedur pertama yaitu membuat rangkaian magnet $Nd_2Fe_{14}B$ yang akan difungsikan sebagai lintasan. Rangkaian ini disejajarkan dengan sudut kemiringan presisi 90^0. Setelah penyusunan selesai, rangkaian tersebut dipasangkan pada sirkuit yang telah dibuat seperti gambar berikut.

Gambar 9. Prosedur pemasangan rangkaian magnet pada sirkuit

Setelah magnet lintasan terpasang pada sirkuit, maka ujicoba pengukuran magnetik dorongan magnet bisa dilaksanakan. Langkah pertama masukkan sebuah magnet batang ke dalam lintasan, magnet tersebut akan terdorong secara otomatis oleh gaya tolak menolak yang ditimbulkan magnet lintasan. Di sisi lintasan dipasang pipa pitot untuk mengukur kecepatan dorongan yang dihasilkan magnet. Sedangkan di ujung lintasan akan dipasang neraca digital, magnet batang yang

terdorong oleh magnet lintasan akan menyentuh neraca digital yang ada di ujung lintasan, tumbukan inilah yang diukur untuk mendapatkan kekuatan dorongan magnet ($Nd_2Fe_{14}B$). Berikut visualisasi prosedur pengujian kekuatan dorongan.

Gambar 10. Prosedur pengukuran kekuatan magnetik dorongan ($Nd_2Fe_{14}B$)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dalam 3 percobaan, berikut adalah hasil pengukuran tekanan yang dihasilkan.

Tabel 1. Rekapan hasil pengujian magnetik

No	Variabel yang Diukur	
	Kecepatan Dorongan	Tekanan Dorong
1	11,746 cm/s	3,67 kg
2	12,134 cm/s	3,58 kg
3	11,822 cm/s	3,61 kg
Rerata	11,9 cm/s	3,62 kg

Rerata untuk tekanan dorong yang dihasilkan dari pengujian di atas adalah 3,62 kg. Jika dikomparasikan dengan tabel ketetapan magnet ($Nd_2Fe_{14}B$) yang dikeluarkan oleh pabrikan, maka nilai ini hampir setara dengan Q-20-10-05-N dengan kekuatan dorong 3,80 kg dimana kondisi magnet ini mengindikasikan mampu untuk dipakai memutar generator skala kecil. Berikut tabel ketetapan magnet yang dikeluarkan oleh Smi-Mag.

Tabel 2. Tabel ketetapan magnet ($Nd_2Fe_{14}B$)

Article ID ▲	Shape	Strength in kg	Length or diameter in mm	Width in mm	Height in mm	Borehole in mm	Energy product in MGOe	Weight in g	Coating	Max. temp. in °C
CN-10-05-04-N	conical	1.20	10.0	5.0	4.0		45	1.39	Ni-Cu-Ni	80
CN-15-08-06-N	conical	3.10	15.0	8.0	6.0		42	4.88	Ni-Cu-Ni	80
CN-20-10-08-N	conical	4.90	20.0	10.0	8.0		38	11.14	Ni-Cu-Ni	80
CN-25-13-10-N	conical	8.60	25.0	13.0	10.0		38	22.26	Ni-Cu-Ni	80
Q-20-05-02-HN	Block	1.50	20.0	5.0	2.0		44	1.52	Ni-Cu-Ni	120
Q-20-10-01-STIC	Block	0.90	20.0	10.0	1.0		35	1.52	Ni-Cu-Ni	80
Q-20-10-02-N	Block	2.10	20.0	10.0	2.0		45	3.04	Ni-Cu-Ni	80
Q-20-10-05-N	Block	3.80	20.0	10.0	5.0		42	7.60	Ni-Cu-Ni	80
Q-20-20-03-N	Block	4.20	20.0	20.0	3.0		45	9.12	Ni-Cu-Ni	80
Q-20-20-05-N	Block	6.00	20.0	20.0	5.0		42	15.20	Ni-Cu-Ni	80
Q-20-20-10-N	Block	12.00	20.0	20.0	10.0		42	30.40	Ni-Cu-Ni	80

Sumber: Smi-Mag, 2018

Smi-Mag (2018) juga merilis data resmi yang menyatakan bahwa magnet memiliki ketahanan yang tinggi karena pengaruh koersivitasnya. Sehingga koersivitas yang tinggi ini akan berimplikasi pada potensi medan magnet yang kuat pula (Idayanti *et al.*, 2007). Dalam artikel lain, Cristman (1998) juga mengungkapkan bahwa sifat kemagnetan neodymium hanya akan hilang jika dipanaskan, benturan, gesekan, dan sifat kemagnetannya akan berkurang 1% setiap 4 tahun (400 tahun akan hilang). Kajian ini cukup menjadi bukti pula bahwa sifat magnetik ($Nd_2Fe_{14}B$) memungkinkan untuk dimanfaatkan gayanya guna memutar generator untuk produksi listrik dengan tujuan pemerataan.

4.2 Perhitungan Momen Puntir Poros Generator

Bausuku Pawitra Gayuh menopang generator yang memiliki daya output 3 HP dengan kecepatan putar poros mencapai 1500 rpm. Berikut adalah perhitangan yang dilakukan untuk mengetahui Torsi generator.

Diketahui : Daya Generator = 3 HP
n = 1500 rpm
Konstanta (C) = 5250

Ditanya : T?

T = (5250 . HP) / n
= (5250 . 3HP) / 1500rpm
= 10,5 Nm

Diketahui dari perhitungan di atas bahwa Torsi BPG adalah 10,5 Nm untuk rpm optimum yang dimiliki generator 3 HP. Berikut adalah perhitungan kekuatan velg alumunium dalam menahan beban magnet.

W = 25 magnet x 205,20 gr (beban/magnet)
= 5.130 g ~ 5,130 kg

Berikut adalah perhitungan beban yang diterima oleh poros generator.

W poros = W velg + W total magnet
= 3 kg + 5,130 kg
= 8,130 kg

Berikut adalah perhitungan momen puntir yang diterima poros generator.

Diketahui: D Poros = 25 mm ~ 0,025 m

T = 10,5 Nm

π = 3,14

Momen Puntir = $\frac{\pi}{16}$ x T x D^3

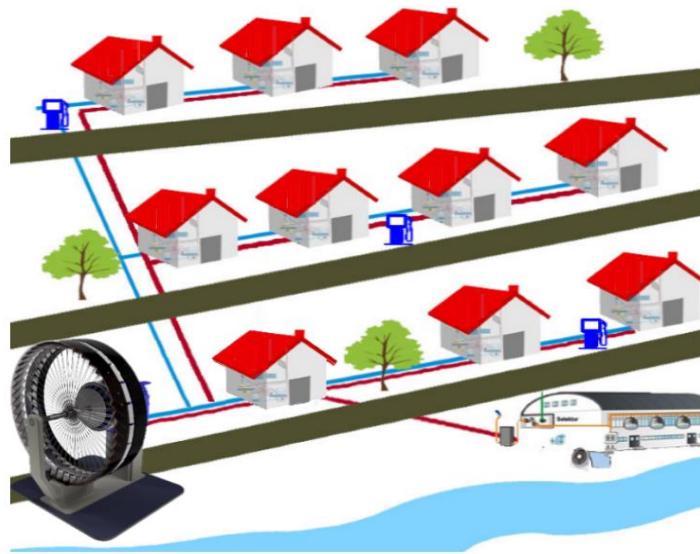
= 0,2 x 10,5 Nm x 0,000016 m^3

= 3,36 x 10^{-5} Nm^4

Berdasarkan perhitungan di atas, momen puntir poros generator adalah 3,36 x 10^{-5} Nm^4 dalam kondisi ketika generator berputar maksimal dalam 1500 rpm. Berdasarkan perhitungan ini dapat disimpulkan bahwa akumulasi beban dan momen puntir yang ditimbulkan oleh BPG harus di bawah 3,36 x 10^{-5} Nm^4.

4.3 Prediksi Operasional Bausuku Pawitra Gayuh

Kebijakan pemanfaatan energi baru terbarukan sebagai sumber energi listrik harus memperhatikan aspek teknis, ekonomi, dan keselamatan lingkungan hidup. Sehingga sumber energi baru terbarukan dapat dijadikan sebagai solusi energi alternatif dalam mengatasi krisis energi listrik di Indonesia, khususnya daerah 3T. Hal inilah yang mungkin menjadi penghambat pemerintah –PLN khususnya– untuk masuk membawa kesejahteraan listrik bagi daerah terpelosok dan tertinggal. Secara teknis dan ekonomi tidak memungkinkan untuk memasang perangkat kelistrikan ke daerah terpelosok. Tentunya, jikapun dipaksakan akan menelan biaya yang mahal serta kondisi geografis maupun kontur daerah tertentu juga menyiratkan kemustahilan untuk memasang perangkat kelistrikan PLN.

Ditinjau dari perspektif penerapannya, BPG cukup aplikatif jika dipasang di daerah 3T sebagai strategi mewujudkan kesejahteraan energi bersih dan terjangkau. Hal ini karena dimensi BPG yang relatif kecil dibandingkan pembangkit listrik pada umumnya, memungkinkannya memiliki mobilitas yang lebih baik dibanding prosedur pemasangan listrik PLN. Keunggulan BPG dari sisi aplikatifnya juga berpengaruh pada keunggulan lain dari sisi ekonomis implementasinya yakni berupa murahnya biaya pemasangan yang dapat menekan anggaran pemerintah untuk pemerataan konsumsi energi listrik di Indonesia. berikut adalah konsep penerapan BPG pada lokasi 3T.

Gambar 11. Ilustrasi implementasi BPG

Penerapan BPG secara massal akan meningkatkan rasio elektrifikasi daerah 3T seperti Papua yang sampai tahun 2017 rasionya masih < 50 %. BPG didesain dengan sedemikian rupa untuk mendapatkan model operasional dan perawatannya yang mudah. Sehingga alat ini layak dikembangkan dan diproduksi massal sebagai instrumen pembangunan nasional sekaligus menciptakan iklim masyarakat sebagai subjek pembangunan bukan lagi objek. Tentunya, penerapan BPG juga mendukung skenario Konferensi Tingkat Tinggi Perubahan Iklim Dunia atau UNFCCC COP21 yang dilaksanakan tahun 2015 di Paris untuk menjaga kenaikan suhu rata-rata dunia di bawah 2°C dengan tidak menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK).

Pemanfaatan energi bersih melalui penerapan BPG juga mendorong peningkatan sumbangsih energi bersih dalam sistem energi nasional, sekaligus mendukung pencapaian sasaran mitigasi GRK nasional yang disampaikan dalam *Nationally Determided Constribution*. Tingginya indeks energi bersih juga berkonstribusi terhadap tingginya ketahanan energi nasional. Melihat dampak penggunaan BPG yang positif terhadap peningkatan mitigasi emisi GRK, pengurangan ketergantungan atas impor energi, peningkatan penggunaan energi terbarukan dan peningkatan suplai energi yang bersumber dari dalam negeri, maka pemerintah seyogyanya mendorong upaya implementasinnya. Untuk itu, diperlukan dukungan insentif dan regulasi agar pemanfaatannya dapat berlangsung tanpa merugikan masyarakat.

BAB V
PENUTUPAN

5.1 Kesimpulan

Indonesia merupakan konsumen energi terbesar di Asia Tenggara (IEA, 2017a). Pelaksanaan kebijakan efisiensi energi yang diterapkan secara efektif diperkirakan hanya dapat mengurangi 2% penggunaan energi di tahun 2025 (IEA, 2017a). Salah satu sektor yang mendesak untuk segera ditingkatkan adalah rasio elektrifikasi di Indonesia. Salah satu alternatif solusi yang sudah diterapkan yaitu pemerintah Indonesia menggagas konsep diversifikasi dan konservasi energi lebih dini guna memperlambat Indonesia menjadi net importir energi.

Namun hal itu belum meneyelesaikan kontradiktif permasalahan energi listrik di seluruh Indonesia. *Bausuku Pawitra Gayuh* (BPG) sebagai model diversifikasi pembangkit listrik tenaga magnet dirancang untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Perintisan BPG sebagai sumber energi listrik didasarkan pada beberapa pertimbangan meliputi aspek teknis, ekonomi, dan keselamatan lingkungan hidup. Sehingga dalam operasionalnya, BPG dapat dijadikan sebagai solusi energi alternatif dalam mengatasi krisis pemerataan energi bersih dan terjangkau di Indonesia sesuai konsep Sustainable Development Goals (SDGs).

5.2 Saran

1. Untuk Masyarakat

   Masyarakat daerah pedalaman dapat menggunakan teknologi tersebut sebagai penyedia energi listrik khususnya di daerah Papua dan NTT.

2. Untuk Mahasiswa

   Ikut berpartisipasi dalam usaha membangun masyarakat dari aspek diversifikasi pembangkit tenaga listrik.

3. Untuk Pemerintah

   Mendukung perkembangan IPTEK dan meningkatkan persentase produksi energi terbarukan ramah lingkungan.

4. Untuk Peneliti

   Mengembangkan IPTEK untuk membangun bangsa yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, Dwi Suputera. 2015. *Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (Magnetic Propulsion) Pada Kapal*. [skripsi] Jember: FT UNEJ.

Anzip, Arino. 2006. *Analisis Sifat Mekanik Paduan Aluminium A356.2 Material Velg-Racing Mobil*. Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). 2017. *Indonesia Energy Outook 2017*. Jakarta: KDT Perpustakaan Nasional RI.

Boehm, B. 1988. A Spiral model of software development and enhancement. IEEE Computer, **pp. 61–72**.

Christman, J. R., 1988,*Fundamental of Solid State Physics*, John Willey & Sons, New York.

Dirjen Ketenagalistrikan (DJK). 2017. *Buku Statistik Ketenagalistrikan 2017*. Jakarta: Kementerian Energi, Sumberdaya dan Mineral (ESDM)

Drak, M. 2008. Manufacturing of Hard Magnetic Composite Materials Nd-FeB. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering **31(1)** 91-96.

Ginting, Masno. dkk. 2006. *Pembuatan Magnet Permanen Isotropic Berbasis NdFe-B dan Karakterisasinya*. Teknologi Indonesia. Vol 29.

Halliday & Resnick. 1989. *Fisika*. Jakarta: Erlangga. Hilda

Handoko,E. dan Manaf,A., 2007, *Induksi Anisotropi Pada Material Magnet Sinter Nd-Fe-B*, Journal Sains Materi Indonesia, No.536, 54-57.

Idayanti,N., Irasari,P., Sudrajat,N., Muliani,L. dan Kristiantoro,T., 2007, *Pembuatan Magnet Permanen Bonded Hybrid Untuk Aplikasi Generator Kecepatan Rendah*, Jurnal Sains Materi Indonesi, No.536, 141-144.

Internasional Kompas. 2016. *Citra Satelit Malam Hari NASA, Gelap Gulita Membekap Indonesia*. [online]. https://internasional.kompas.com/read/2017/04/20/11380721/citra.satelit.malam.hari.nasa.gelap.gulita.membekap.indonesia. Diakses tanggal 25 Maret 2018.

International Energy Agency (IEA). 2016b. *World Energy Outlook 2016*. Paris: OECD/IEA.

International Energy Agency (IEA). 2017a. *Energy Eficiency 2017*. Paris: OECD/IEA.

Instruksi Menteri Pertambangan dan Energi Nomor: 114-12/39/600.2/2002.

Kusumastanto, Tridoyo. 2014. *Analisis Kebijakan Energi Nasional*. Bogor: IPB Press.

Omar, M.A. 1975. *Elementary Solid State Physics, Addison-Wesley Publishing Company*, New York.

Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) 2017.

Smi-Mag. 2018. *Spesification of Neodymium Magnet*. [online] http://smi-mag.com/Neodymiummagnets.html. Diakses tanggal 2 April 2018

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2017 tentang Kebijakan Energi Nasional.

Smallman R.E.,2000, *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material*, edisi 6. Jakarta: Erlangga.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup

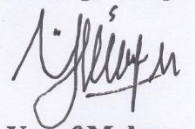
A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Yusuf Mahesa
2	Jenis Kelamin	Laki-Laki
3	Program Studi	D3 Teknik Mesin
4	NIM	160512509408
5	Tempat Tanggal Lahir	Blitar, 3 Mei 1997
6	*E-mail*	yusufmahesa@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	083830306505

B. Riwayat Pendidikan

	SD	**SMP**	**SMA**
Nama Institusi	SD Al-Hikmah Surabaya	SMP Taruna Samudera Surabaya	SMAN 1 Srengat Blitar
Jurusan	-	-	IPA
Tahun Masuk-Lulus	2003-2009	2009-2012	2012-2015

C. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*)

No	**Judul Paper**	**Nama Conferencce**	**Tahun**
1	Patriot Plasma: Automatic Trash Picker Boat Using Microcontroller And Radio Control	1st International Conference on Mathematics, Science, and Education (ICoMSE)	2017

D. Penghargaan dalam 10 tahun terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Intitusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Penyaji Tingkat Nasional dan Juara II Lomba Karya Cipta Teknologi tingkat Nasional	BEM FT UM	2016
2	Juara Harapan I kategori Presentasi Pekan Ilmiah Mahasiswa UM (PIM UM)	Universitas Negeri Malang	2016
3	Pemilik Hak Paten Industri Kapal Cepat Penebar Pakan Ikan	Universitas Negeri Malang	2017
4	PKM-Karsa Cipta didanai RISTEKDIKTI tahun 2017	RISTEKDIKTI	2017
5	Penyaji Tingkat Nasional dan Juara II Lomba Gagasan dan Rancangan Kreatif Tingkat Nasional	Politeknik Negeri Malang	2017
6	Beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik	Universitas Negeri Malang	2017
7	Penyaji Tingkat Kabupaten dan Juara II Lomba Kreativitas Inovasi dan Teknologi Tingkat Kabupaten	BAPPEDA Blitar	2017
8	Penyaji Tingkat Nasional di Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) 30 Universitas Muslim Indonesia Makassar tahun 2017	RISTEKDIKTI	2017
9	Peraih Medail Perak Kategori Poster di Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) 30 Universitas Muslim Indonesia Makassar tahun 2017	RISTEKDIKTI	2017
10	Penyaji se-Jawa Bali dan Juara I Lomba Cipta Praktis Elektronika se-Jawa Bali	Universitas Negeri Jember	2017

11	Juara I Pemilihan Mahasiswa Berprestasi Program Diploma Universitas Negeri Malang	Universitas Negeri Malang	2018
12	PKM-Karsa Cipta didanai RISTEKDIKTI tahun 2018	RISTEKDIKTI	2018

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam PILMAPRES PROGRAM DIPLOMA 2018.

Malang, 18 April 2018

Yusuf Mahesa

Lampiran 2. Analisis Harga Bausuku Pawitra Gayuh

Berikut adalah perhitungan kebutuhan bahan pokok untuk merancang sebuag Bausuku Pawitra Gayuh.

Tabel 3. Rincian harga bahan PLT-TM (update harga pasar Maret 2018)

Material	Keterangan	Qty	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Generator	200 PK	1	2.100.000	2.100.000
Velg ban	Alumunium untuk pakanan magnet	1	150.000	150.000
Magnet	$Nd_2Fe_{14}B$	100	12.500	1.250.000
Engsel	Mekanisme buka kunci sirkuit magnet	2	10.000	20.000
Bearing	Bantalan putar poros pemisah padi	2	30.000	60.000
Kabel DC		10 m	1.000	300.000
Inverter	500W/220V Merubah arus DC menjadi AC	1	750.000	750.000
			TOTAL (Rp)	**4.630.000**

Berdasarkan tabel di atas diketahui total dana yang dibutuhkan untuk merancang BPG adalah Rp. 4.630.000. Harga tersebut jauh lebih murah dibanding pengeluaran untuk diversifikasi pembangkit tenaga listrik berbasis uap, air, batubara, maupun angin. Mengacu pada adanya nilai ekonomis implementasi BPG, pemerintah harus mulai mempertimbangkan untuk penerapannya pada masyarakat.

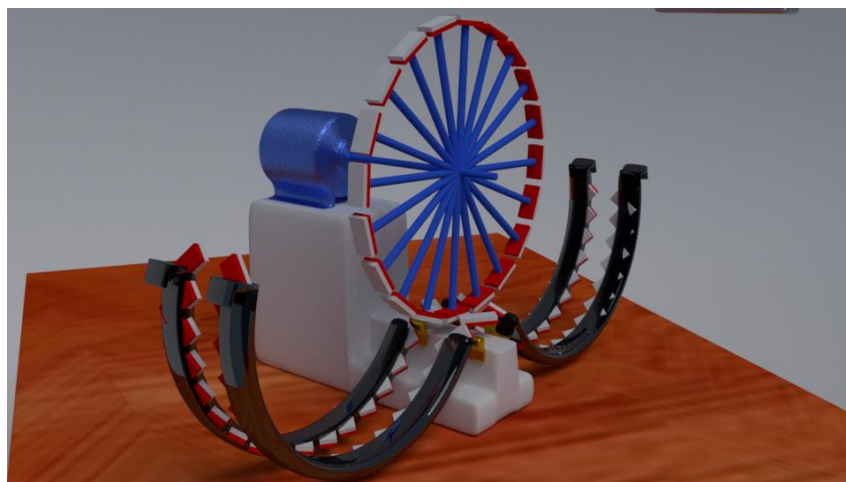
Salah satu kebijakan yang memfasilitasi implementasi inovasi BPG adalah Instruksi Presiden Republik Indonesia (INPRES) No. 3 Tahun 2001 (3/2001) tentang Penerapan dan Pengembangan Teknologi Tepat Guna. Teknologi Tepat Guna yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat guna menjawab permasalahan masyarakat khususnya kesejahteraan energi listrik. Implementasi BPG juga terbukti tidak merusak lingkungan, dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat

secara mudah serta menghasilkan nilai tambah dari aspek ekonomi dan aspek sosial.

Penerapan BPG sebagai (TTG) juga merupakan suatu proses atau rangkaian kegiatan untuk mempercepat alih teknologi kepada pengguna teknologi. Sehingga pengembangan BPG sebagai (TTG) adalah kegiatan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas dalam bentuk desain, fungsi, dan manfaat dari suatu teknologi melalui proses penelitian, pengkajian, uji coba dan fasilitasi.

Lampiran 3. Cara Kerja Bausuku Pawitra Gayuh dalam Memproduksi Energi Listrik

Untuk mendapatkan kinerja yang maksimal, alat ini dirancang dengan sistem yang terencana dan terstruktur. Berikut alur sistem yang diterapkan.

1. Proses pertama. Engsel BPG diatur dalam posisi terbuka. Kondisi yang demikian membuat BPG berhenti bekerja karena medan magnet tidak menjangkau magnet putar. Berikut gambar proses pertama.

Gambar 12. Proses pertama engsel terbuka

2. Proses Kedua. Engsel BPG diatur dalam posisi tertutup. Kondisi yang demikian membuat BPG bekerja karena medan magnet menjangkau magnet putar. Berikut gambar proses kedua.

Gambar 13. Proses kedua engsel tertutup

Dua proses di atas merupakan cara kerja utama operasional BPG. Dengan operasionalnya yang didesain mudah dan cepat, membuat alat ini semakin aplikatif untuk membantu pemerintah dalam melakukan diversifikasi pembangkit tenaga listrik meningkatkan presentase rasio elektrifikasi di Indonesia. Di sisi lain, karakteristik masyarakat yang sulit menerima perubahan secara mendadak juga dapat teratasi dengan mudahnya cara kerja operasional alat. Sehingga dapat diprediksi bahwa ekspansi alat ke daerah terpencil akan mendapat respon yang posisitf oleh masyarakat setempat.